

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Návrh konstrukce a technologie svařování části
turbíny vodní elektrárny**

**Design and Welding Technology for Turbine of
The Hydroelectric Power Station**

Student:

Pavel Doležel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Sondel, Ph.D.

Ostrava 2011



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Doležel**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Specializace: **70 Strojírenská technologie**
Téma: **Návrh konstrukce a technologie svařování části turbíny vodní elektrárny**
Design and Welding Technology for Turbine of The Hydroelectric Power Station

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte studii metody svařování I II
2. Zpracujte studii svařitelnosti a1 stonitických ocelí
3. Navrhněte konstrukci svařence součásti turbíny vodní elektrárny
4. Zpracujte technologický postup svařování navrženého svařence
5. Závěr bakalářské práce

Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, Jaroslav; SCHWARZ, Drahomír; HAJDÍK, Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. Vyd. 1. Ostrava: Český svářečský ústav s.r.o., VŠB-Technická Univerzita, 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
KOUKAL, Jaroslav; ZMYDLENÝ, Tomáš. *Svařování I*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB Technická univerzita, 2005. 136 s. ISBN 80-248-0870-6.

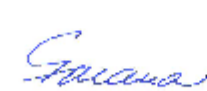
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Soudek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010
Datum odevzdání: 23.05.2011




prof. Ing. Jiří Hrnčíř, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty



Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Litvli 15.5. 2011

.....
podpis studenta



Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Litvli 15.5.2011

Pavel Doležal

Adresa trvalého pobytu diplomanta: Vítězná 586 784 01 Litovel



ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Doležel P. Návrh konstrukce a technologie svařování části turbíny vodní elektrárny: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 44 s. Bakalářská práce, vedoucí Sondel M.

Bakalářská práce se zabývá řešením návrhu svařence části vodní elektrárny tělesa rozváděcích lopatek, vycházející z původního odlitku součásti. V první kapitole popisují metodu svařování 111. V následující problematiku svařování austenitických ocelí. Hlavní část se zabývá návrhem svařence a technologickým postupem svařování. V závěru práce porovnávám ekonomiku výroby odlitku versus svařenec.

ANOTATION OF THESIS

Dolezel P. Design and Welding Technology for Turbine of The Hydroelectric Power Station: Department of Mechanical Technology, Faculty of Engineering VSB - Technical University of Ostrava, 2011, 44 p. Thesis, Head M. Sondel

This thesis deals with design solutions welded part of the water plant guide vane body. Rising from the original cast components. The first chapter describes the method of welding 111th In the next issue of welding austenitic steels. The main part deals with welders and welding procedure technology. In the end I compare the economics of production versus casting weldment.



Poděkování patří mé rodině, zejména manželce, za trpělivost a pochopení,. Vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Sondelovi, Phd a prof. Ing. Jaroslavu Koukalovi, CSc za vřelý přístup při řešení mnohých otázek této bakalářské práce.

Obsah

	strana
Seznam použitého značení a zkratk.....	8
Úvod.....	9
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY A CÍLE PRÁCE.....	9
2. STUDIE METODY SVAŘOVÁNÍ 111.....	11
2.1. Metoda svařování elektrickým obloukem. Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou 111.....	11
2.2. Svařovací oblouk	12
2.3. Elektrody pro ruční obloukové svařování	14
2.4. Svařovací zdroje	17
2.5. Druhy svarů a polohy svařování pro metodu 111.....	19
3. STUDIE SVAŘITELNOSTI AUSTENITICKÝCH OCELÍ	22
3.1. Vznik nerezavějících ocelí	22
3.2. Skupiny austenitických ocelí.....	24
3.3. Austenitické korozivzdorné oceli.....	25
3.3.1. Teplé trhliny.....	26
3.3.2. Mezikrystalová koroze	26
3.3.3. Zkřehnutí	27
3.4. Svařitelnost austenitických ocelí	27
4. NÁVRH KONSTRUKCE SVAŘENCE ČÁSTI TURBÍNY	28
4.1. Volba materiálu.....	28
4.2. Volba přídatného materiálu a svařovacího zdroje.....	29
4.3. Návrh konstrukce části turbíny.....	31



5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ TĚLESA ROZVÁDĚCÍCH LOPATEK	33
5.1. Technologický postup.....	33
6. ZÁVĚR.....	36
7. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....	37
8. PŘÍLOHY.....	39

Přílohy :

1. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) P01/1050	39
2. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) K01/1050	40
3. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) T01/1050	41
4. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) T02/1050	42
5. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) T03/1050	43
6. Předběžná specifikace postupu svařování – p(WPS) T04/1050	44

Volné přílohy (nevázané):

Výkresová dokumentace: Výkres svařenec 01/1050

Kusovník

**Seznam použitých zkratk**

AISI	- americké značení korozivzdorných ocelí.....	[-]
Al	- hliník.....	[-]
Av	- zkouška rázem	[J]
Cr	- chrom.....	[-]
Cu	- měď.....	[-]
ČSN	- české státní normy.....	[-]
ČSN EN	- česká verze evropské normy.....	[-]
D	- průměr.....	[-]
DIN	- německá národní norma.....	[-]
Dr	- doktor	[-]
FeO	- oxid železnatý	[-]
GWh	- gigawatthodina.....	[-]
HB	- tvrdost podle Brinella.....	[-]
HV	- tvrdost podle Vickerse	[-]
MKK	- mezikrystalická koroze.....	[-]
MMAV	- Manual Metal Arc Welding	[-]
MVE	- malá vodní elektrárna	[-]
MW	- megawatt	[-]
Ni	- nikl.....	[-]
PA,PD	- polohy při svařování.....	[-]
SME	- Severomoravská energetika.....	[-]
T _i	- teplota interpass.....	[°C]
TOO	- tepelně ovlivněná oblast	[-]
U	- pracovní napětí	[V]
WPQR	- stanovení a kvalifikace postupů svařování	[-]
pWPS	- předběžné specifikace postupu svařování	[-]
q	- měrný tepelný příkon svařování	[J.mm ⁻¹]



Úvod

V současné době se ve světě i u nás obrací pozornost na využívání vlastních zdrojů, ekologicky čistých a obnovitelných primárních zdrojů energie. Významné místo mezi nimi zaujímají malé vodní elektrárny (MVE), umožňující s velkou účinností měnit hydroenergetický potenciál toků v elektrickou energii bez negativních dopadů na okolní prostředí. Možnosti efektivního využívání vodní energie jsou v České republice vzhledem k přírodním podmínkám omezené, protože velká část hydroenergetického potenciálu je rozptýlena v malých tocích. Vodní energie je doplňkovým, nicméně kvalitativně velmi cenným, zdrojem elektrické energie. Přitom stupeň využití hydroenergetického potenciálu na vodních tocích zatím dosahuje pouze asi 30%. Z disponibilního, dosud nevyužitého potenciálu, lze pouze asi třetinu využít v středních a velkých vodních elektrárnách, zatímco tři čtvrtiny je možné využít v malých vodních elektrárnách o výkonu do 10 MW. V těchto elektrárnách lze postupně získat více než 600 MW výkonu a přibližně 2000 GWh elektrické energie ročně. To představuje nezanedbatelný přínos pokrytí energetické spotřeby.

V první etapě rozvoje elektrizace na počátku 20. století došlo u nás i v jiných evropských státech k výstavbě velkého počtu malých vodních elektráren. V třicátých letech jich bylo na území České republiky v provozu více než 10 000 těchto vodních elektráren s celkovým instalovaným výkonem přibližně 200 MW, které sloužily potřebám obcí, podniků a soukromníkům. V následujícím období však byly v důsledku výstavby velkých energetických zařízení a rozvoje propojených elektrizačních soustav hodnoceny jako málo efektivní a postupně rušeny, takže

na konci sedmdesátých let jich zůstala v provozu pouhá stovka. K obdobnému vývoji docházelo i v jiných průmyslově vyspělých státech světa.

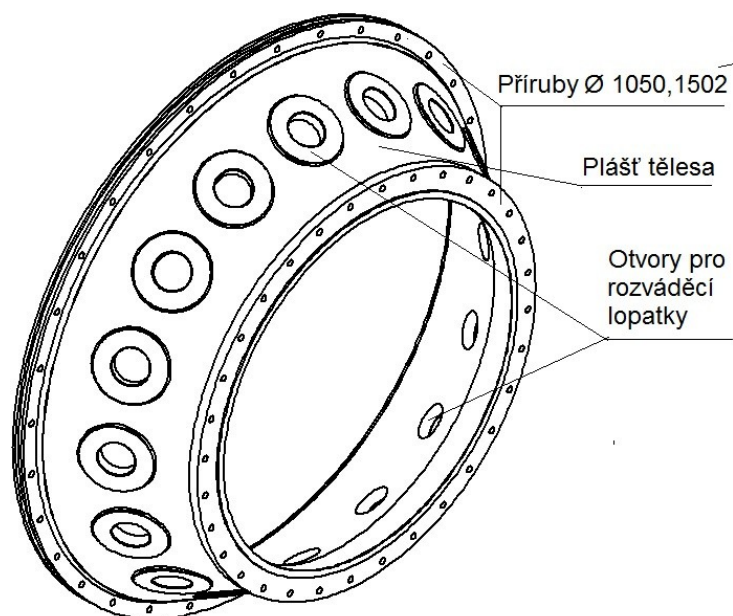
V důsledku světové energetické krize v roce 1973 a výrazného růstu cen energetických surovin začaly vyspělé země měnit svou energetickou politiku směrem k maximálnímu využívání vlastních zdrojů energie, včetně energie z malých vodních elektráren. Začátkem osmdesátých let se začal měnit přístup k výstavbě a využívání malých vodních elektráren i u nás. Ukázalo se, že jejich vyřazování z provozu a rušení bylo mylné a škodlivé. Od té doby prožíváme období renesance, projevující se velkým zájmem mnoha podniků, organizací a soukromníků o rekonstrukci zrušených děl a výstavbu nových malých vodních elektráren, zejména v lokalitách s již soustředěným

spádem. Obnovený rozvoj malých vodních elektráren a snaha o jejich efektivní výstavbu vyvolaly potřebu zkoumat vhodné stavební řešení těchto malých hydroenergetických výroben a navrhovat, vyvíjet vhodné typy soustrojí a jejich příslušenství, umožňující jednoduchý a pokud možno bezobslužný provoz [3].

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY A CÍLE PRÁCE

Tato práce je řešena pro potřeby p. Ing. Bronislava Suchého majitele MVE Mikulovice, která se nachází na řece Bělá v okrese Šumperk. Bývalá pila byla v provozu od roku 1914. Správcem vodního díla byla SME Ostrava, která ukončila provoz MVE

v roce 1976. Důvodem ukončení provozu byl celkový špatný stav objektů a technologie elektrárny. Budova bývalé pily byla SME Ostrava prodána současnému majiteli. Ten postupně rekonstruuje jednotlivé technologické součásti elektrárny. Nyní navrhujeme výrobu tělesa regulovatelných rozváděcích lopatek. Toto těleso bylo původně vyrobeno jako odlitek. Výroba jednoho kusu odlitku je příliš nákladná, z důvodu nutnosti výroby modelu tělesa pro odlití. Z tohoto důvodu, jsme se rozhodli vyrobit těleso rozváděcích lopatek jako svařenec z oceli odolávající korozi. Pro pochopení uvádím na obrázku 1. pohled na navrhovanou součást.



Obr. 1 Těleso rozváděcích lopatek pro Kaplanovu turbínu vodní elektrárny.



2 STUDIE METODY SVAŘOVÁNÍ 111

Mezinárodní norma ČSN EN ISO 4063 rozděluje metody svařování. Jednou z těchto metod je metoda - Svařování elektrickým obloukem - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou 111. [2]

Technologie obloukového svařování

Elektrický oblouk vzniká mezi koncem obalené kovové elektrody a svařencem. Roztavené kapky kovu z elektrody se přenášejí obloukem do svarové lázně a jsou chráněny plyny, vznikajícími z rozkladu obalu, který je tvořen tavidly. Roztavená struska se dostává na povrch svarové lázně, kde během tuhnutí chrání svarový kov před přístupem atmosféry. Po svaření každé housenky je nutno strusku odstranit. Vyrábějí se stovky různých elektrod, často jsou legované, aby se prodloužila trvanlivost, pevnost a tažnost svaru. Tato metoda se nejčastěji používá při běžném svařování všech druhů svařitelných ocelí i neželezných kovů a pro navařování. I když je to metoda relativně pomalá, z důvodu výměny elektrod a odstraňování strusky, zůstává jednou z nejflexibilnějších a její výhody vynikají v obtížně přístupných oblastech. [5]

2.1 Metoda svařování elektrickým obloukem - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou 111

Charakteristika

Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou lze charakterizovat jako metodu svařování elektrickým obloukem s kovovými odtavujícími se elektrodami, které jsou obaleny. Jako zdroje energie, elektrického oblouku se využívá jak stejnosměrný, tak střídavý elektrický proud, v závislosti na použitých elektrodách a svařovaném materiálu.



Přestože ruční obloukové svařování je nejstarší metoda svařování elektrickým obloukem, je díky své univerzálnosti a možnosti svařování ve všech polohách stále hojně využívána. Pro zajištění vysoké kvality svarů, provedených metodou ručního obloukového svařování, je nutností velmi dobrá zručnost svářeče. V porovnání s poloautomatickými nebo automatickými metodami svařování je výkon odtavení velmi nízký.

Z obalu se tvoří během svařovacího procesu struska, která vyplave na povrch svarové lázně, na němž ztuhne. Strusku je nutné z povrchu svaru odstranit, zejména pokud se bude klást další vrstva svaru. V případě nedokonalého odstranění dochází k vadám svarového kovu . tzv. vměstky.

Ruční obloukové svařování se používá ve všech polohách, při rozsahu elektrického proudu od 10 do 400 A. Velikost svařovacího elektrického proudu závisí na typu obalu a průměru elektrody, běžně se používá empirických vztahů [5].

2.2 Svařovací oblouk

Elektrický výboj, obvykle kruhového průřezu, jenž prochází ionizovaným plynem se nazývá svařovací oblouk. Je pro něj charakteristické napětí 10 až 35V a proud 10 až 400A. V oblouku jsou na žhavé katodě uvolňovány elektrony, ty procházejí sloupcem oblouku (vodivou plazmou) a jsou odváděny anodou. Teplota oblouku je u metody svař. 111 4200 °C – 6400°C .

Části elektrického oblouku:

a) Katodová skvrna je ostře ohraničená oblast, která termickou emisí emituje prvotní elektrony, důležité pro zapálení oblouku a ionizaci plynného prostředí. Elektrony získávají v oblasti katodového úbytku napětí tak velkou kinetickou energii, že jsou schopny při srážkách ionizovat neutrální atomy na kladné ionty a sekundární elektrony. Teplota skvrny je cca 2600 °C.



b) Anodová skvrna. Anodovou skvrnou jsou neutralizovány a odváděny dopadající záporné částice. Kinetická energie částic se mění na tepelnou a z části i na elektromagnetické záření. Teplota anodové skvrny je cca 3000 °C.

c) Sloupec oblouku je zářivě svítící oblast disociovaného a ionizovaného plynu ve formě plazmy mezi elektrodami, která dosahuje vysokých teplot 4000 až 7000° C

Voltampérová charakteristika oblouku

Statická voltampérová charakteristika oblouku vyjadřuje závislost proudu na napětí oblouku při konstantní délce oblouku. Na vlastní tvar a polohu charakteristiky oblouku má značný vliv chemické složení elektrody, geometrie hrotu elektrody, složení plazmy oblouku i průměr elektrody.

Pochody v elektrickém oblouku

Tavení elektrod a základního materiálu je vždy doprovázeno vyhoříváním některých prvků. Prvky jako Mn a Si a další je nutno v odpovídajícím množství dodat do obalů elektrody, nebo jich musí více obsahovat jádro elektrody. Při nedostatečné ochraně tavné lázně může také docházet k přístupu nežádoucích látek do svarového kovu, jak ze vzduchu, tak z různých nečistot, rzi apod.

Foukání oblouku

K tomuto nežádoucímu jevu dochází, pokud elektromagnetické pole kolem elektrického oblouku není souměrné. Zejména při svařování stejnosměrným proudem. Nejčastěji na začátku /konci / svarů, v rozích apod. Jedním z důvodů může být nevhodné umístění uzemňovacího kabelu na svařovaný materiál, členitost svařence, vadný obal elektrody a jiné. Při foukání se svarový kov nanáší nesouměrně, obvykle k jedné nebo druhé straně svařovaného materiálu. Snížení tohoto negativního vlivu dosáhneme odstraněním příčin jeho vzniku, nakloněním elektrody, snížení oblouku, přemístěním kleští uzemňovacího kabelu atd.

Při svařování obalenou elektrodou, zejména bazickou, dochází ke zkratovému přenosu roztaveného kovu z elektrody, při dotyku s tavnou lázní se vytvoří zkrat mezi



elektrodou a tavnou lázní. Po přerušení zkratu se opět zapálí oblouk. U kyselých elektrod dochází ke zkratům jen zřídka a přenos kovu je takzvaným kapkovým přenosem. (frekvence 20 až 50 kapek /s).

Plyny ve svarovém kovu

Na svařování má vliv prostředí, ve kterém se svařuje, obvykle na atmosférickém vzduchu. V něm jsou obsaženy především plyny jako dusík, kyslík, vodík a vodní páry. Tyto výrazně negativně ovlivňují kvalitu výsledného svaru. K zamezení přístupu těchto plynů do svaru používáme několik technologických opatření. K pasivnímu patří vhodné složení obalu elektrody se struskotvornými přísadami. Vzniklá struska může svým složením způsobit redukci vzniklých oxidů v roztaveném kovu.

Mezi aktivní opatření je například zkrácení zapáleného oblouku. Dlouhý oblouk umožňuje přístup kyslíku do svarového kovu, a tím se může rozpouštět s přítomnými prvky a tvořit oxidy např. FeO (oxid železnatý). Dalšími nežádoucími plyny, rozpouštějícími se ve svarovém kovu, jsou dusík a zejména vodík. Ten eliminujeme vysoušením elektrod v rozmezí teplot 150 - 350°C, podle druhu obalu.[1]

2.3 Elektrody pro ruční obloukové svařování

Používáme obalené elektrody, skládající se z jádra (drátu) a obalu elektrody. Jádro tvoří kov, který se taví a je přenášen obloukem do svaru, kde se mísí s natavovaným materiálem. Obal se při svařování rozpouští a obohacuje svarový kov o přídavné látky a zároveň chrání tavnou lázeň před přístupem nežádoucích prvků.

Elektrody obecně dělíme do těchto skupin:

pro svařování nelegovaných ocelí, legovaných ocelí, neželezných kovů, pro navařování vrstev se zvláštními vlastnostmi a elektrody pro ostatní účely.



Podle poměru celkového průměru D / d průměru jádra se elektrody rozlišují:

<i>tence obalené</i>	D/d	do 1,20
<i>středně obalené</i>	D/d	1,2 – 1,45
<i>tlustě obalené</i>	D/d	1,45-1,8
<i>velmi tlustě obalené</i>	D/d	nad 1,8

Podle složení, svářečská terminologie rozlišuje tyto obaly elektrod:

**stabilizační*

<i>*rutilové</i>	R
a kombinace s ostatními:	
rutil-celulózový	RC
rutil-kyselý	RA
rutil-bazický	RB
tlustostěnný rutilový	RR

**kyselé* A

**bazické* B

**organické* – např. celulózový obal C

**se solí halových prvků*

**zvláštní* (např. grafitový obal).

Speciální druhy elektrod

Vysokovýkonné elektrody jsou velmi tlustě obalené. Poměr $D/d > 2$. Tyto elektrody mají vysoký obsah železného prášku (až 65%). Jsou charakterizovány vysokým výkonem navaření. Technika svařování je odlišná od tradičních elektrod. Vysokovýkonná elektroda se při svařování ponoří do tavné lázně svaru a umožňuje tak hluboký závar. Obal: - kyselý

- rutilový
- tlustý bazický

Hlubokozávarové elektrody, jejich použitím se docílí zvýšení závaru do hloubky 1 až 1,5 x d elektrody. Obal: - kyselý

- rutilový



Požadavky, které klademe na elektrodu

Základní požadavky jsou následující:

- * obal se musí odtavovat rovnoměrně a současně s jádrem, nesmí se odlupovat
- * chránit natavovaný kov před působením okolní atmosféry
- * legovat svarový kov
- * formovat svar
- * natavený kov musí mít vhodnou viskozitu, teplotu tavení a povrchové napětí
- * struska musí být lehčí než kov, aby nevznikaly struskové vměstky
- * struska musí pokrývat housenku rovnoměrně
- * po vychladnutí svaru se musí dát struska snadno odstranit
- * na okrajích housenky nesmějí být vruby
- * zdravotně nezávadné, produkovat minimum exhalátů,
- * málo citlivé na navlhnutí, laciné.

Volba elektrody

Při volbě elektrody se uplatňují následující hlediska:

- * vlastnosti základního materiálu (svařitelnost, pevnost, tažnost, houževnatost), další technologické vlastnosti, chem. složení, svařovaná tloušťka
- * velikost a druh namáhání (na tah, smyk, tlak) a povaha namáhání statické/dynamické a jiné podmínky, kterým bude svar vystaven (např. vysoká teplota)
- * požadavky kladené na tvar a vzhled svaru, druh svaru
- * poloha svařování
- * rychlost práce a další.

Při volbě elektrody můžeme brát v potaz i tzv. koeficient bazicity, jež charakterizuje chování strusky. Ta se může chovat - kysele » neutrálně » bazicky (zásaditě). Čím je koeficient bazicity B větší, tím více se tavidlo (struska) chová bazicky. Posuzuje se pomocí vztahu, viz rovnice 1, doporučeného Eatonem, Boniszewskim a Tulianim ve tvaru:



Rovnice 1. pro výpočet stupně bazicity. [9]

$$\left(B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{SrO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O} + \text{CaF}_2 + 0,5 \cdot (\text{MnO} + \text{FeO})}{\text{SiO}_2 + 0,5 \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2)} \right)$$

Stanovení výtěžnosti, účinnosti a součinitele obalených elektrod

Tuto oblast upravuje norma ČSN EN 22401.

Jmenovitá výtěžnost R_N - je poměr celkové hmotnosti navařeného kovu m_D (g) k m_{CN} (g) jm. hmotnost roztavených jader dané elektrody; udává se v %.

Skutečná výtěžnost R_E - poměr m_D/m_{CE} skutečná hmotnost roztavených jader elektrod.

Celková účinnost R_G - poměr m_D/m_E celkové hmotnosti elektrody.

Skutečná účinnost elektrody R_D - poměr $m_D/(m_E - m_S)$ m_S - celková hmotnost nedopalků.

Součinitel navaření D – udává jaká hmotnost kovu navařeného za 1 minutu připadá na 1A svař. proudu.

Označování elektrod

Řídíme podle ČSN EN 1600, a tudíž na obalech musí být uvedeno úplné normalizované označení.

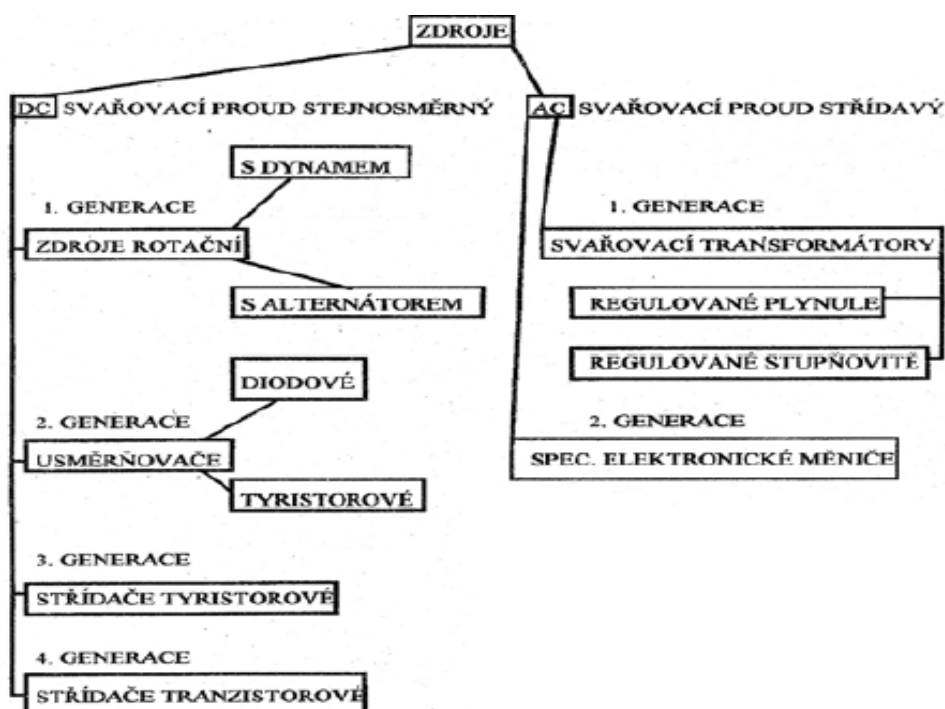
Příklad označení:

E 46 3 1Ni B 54 H5

Elektroda pro ruční obloukové svařování se svarovým kovem s minimální pevností kluzu 460 N/mm^2 , s minimální střední nárazovou prací 47 J při -30 °C a s chem. složením 1,1 Mn a 0,7 Ni. Bazický obal s výtěžností 140% a lze s ní svař. stejnosměrným i střídavým proudem vodorovné tupé a koutové svary. Obsah vodíku nepřekračuje 5ml/100g navařeného svarového kovu [5].

2.4 Svařovací zdroje

Používá se jak střídavý, tak i stejnosměrný proud. Zdroje střídavého proudu, především svařovací Transformátory se v posledních letech prakticky nezměnily, jejich používání klesá ve prospěch zdrojů stejnosměrného proudu. Podrobné rozdělení svařovacích zdrojů na obr.2.



obr.2 Rozdělení zdrojových systémů podle konstrukčních generací. [1]

Točivé stroje obvykle svařovací dynamo, poháněné motorem nejčastěji 3x220V, mohou být i se spalovacím motorem.

Zdroje stejnosměrného proudu:

Svařovací agregáty (točivé stroje) např. tzv. Tryodyna

Svařovací usměrňovače - s transduktorem (tlumivka)

- s tyristorovým řízením
- sekundárně taktované
- invertory

Svařovací usměrňovače jsou nejčastěji používané, skládají se z pravidla z transformátoru a diodového usměrnění třífázové usměrňovače, na rozdíl od jednofázových, symetricky zatěžují síť, a tudíž jsou jejich svařovací vlastnosti velmi dobré. Dále máme usměrňovače s nastavitelnou tlumivkou, tyristorovým řízením, a svařovací elektronické usměrňovače s výkonovými polovodiči.

Nejmodernější stále častěji používaný usměrňovač se nazývá Invertor- primárně taktovaný svařovací usměrňovač. Vyznačuje se malou hmotností a výbornými svařovacími charakteristikami. Často je vybaven mikropočítačem pro řízení svařovacích parametrů.

Součástí svařovacích agregátů: 2 svařovací vodiče, jeden opatřený držákem elektrod a druhý uzemňovací svěrkou obr 3.

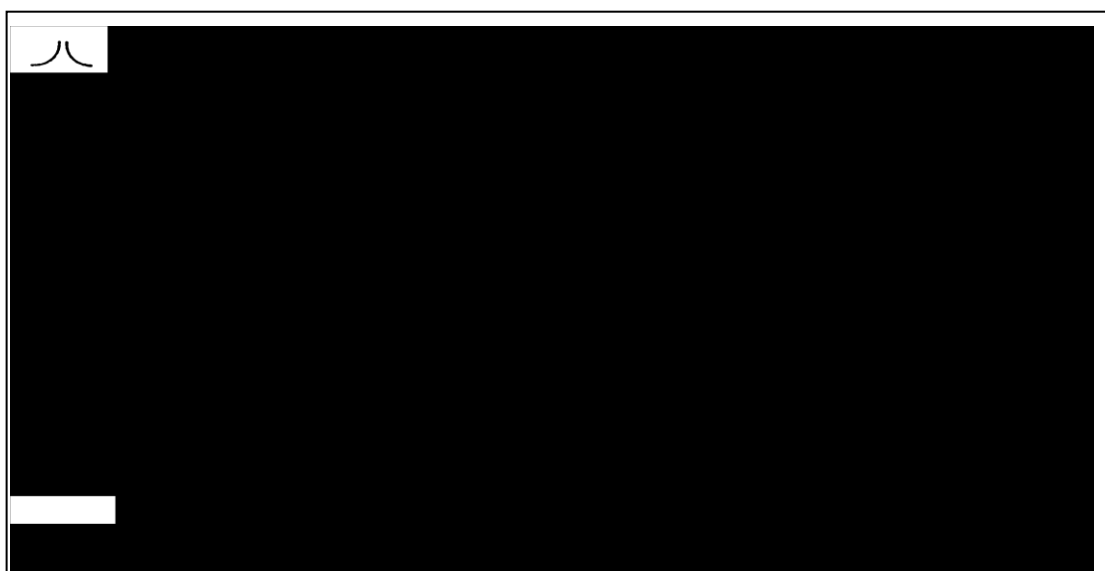


obr.3 Svařovací vodiče [4]



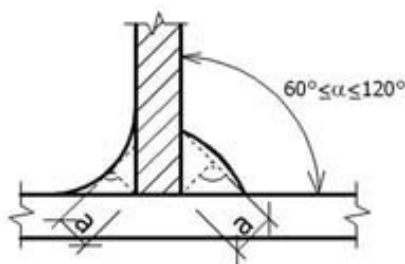
2.5 Druhy svarů a polohy svařování pro metodu 111

Značení svarů dle ČSN EN 22553 obr. 4

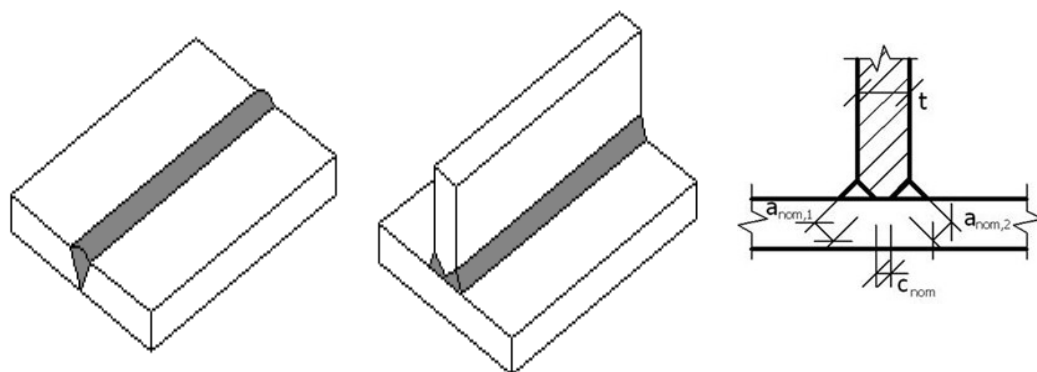


Obr. 4 – Značení svarů [6]

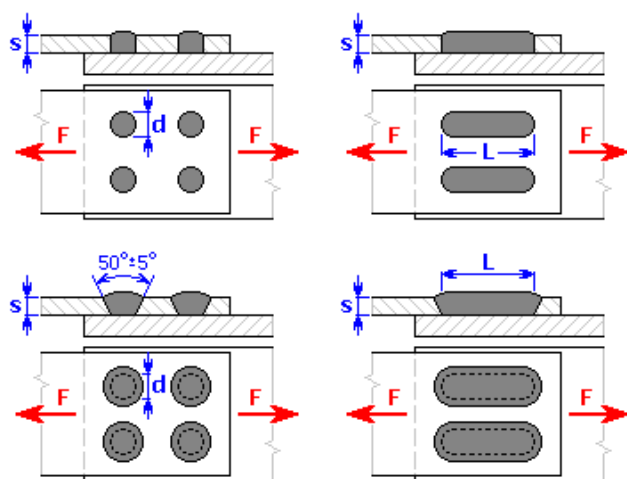
Některé vybrané schémata svarů, jsou uvedeny na obr. 5, obr. 6 a obr. 7.



Obr. 5 - Svar koutový. Účinná tloušťka „a” koutového svaru je výška trojúhelníku vepsaného mezi tavné plochy a povrch svaru [6]



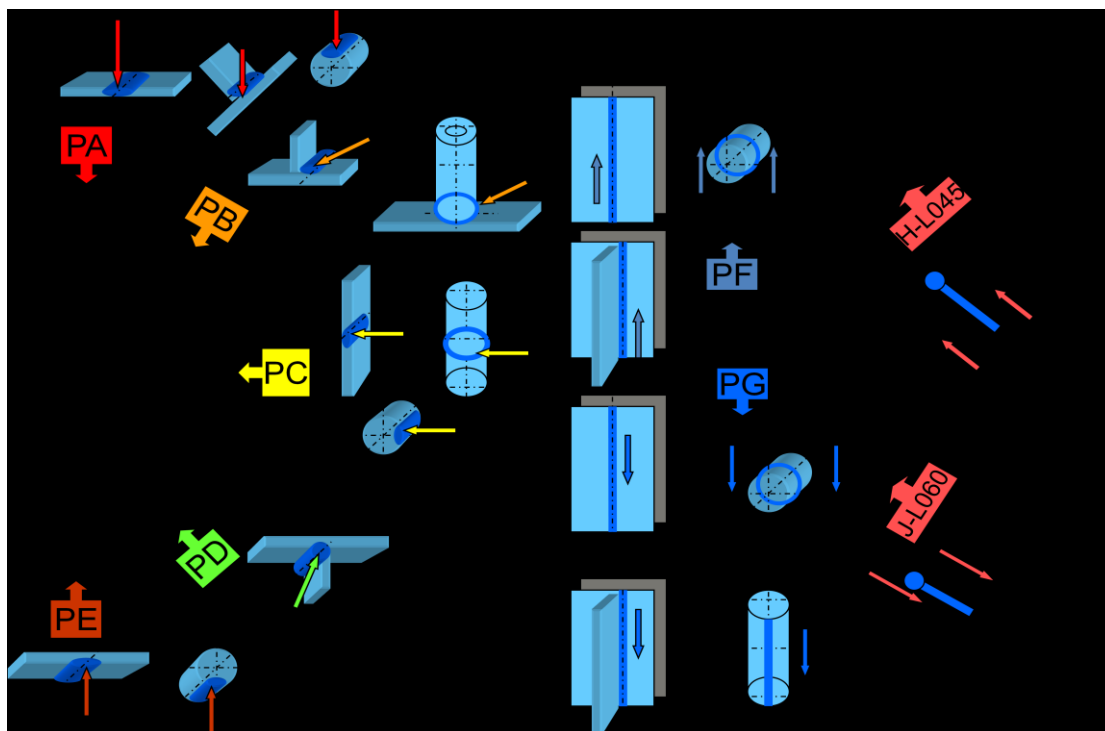
Obr. 6 – Tupý svar – s plným provařením a tupý svar – T-spoj [6]



Obr. 7 - Děrové a žlábkové svary [6]

Přípravy svarových ploch se upravují podle technologických požadavků a v souladu s technickou normou ČSN EN ISO 9692-1, která doporučuje tvary svar. ploch.

Polohy svařování podle ČSN EN ISO 6947 viz následující obr.8



Obr. 8 – Polohy svařování [6]

3 STUDIE SVAŘITELNOSTI AUSTENITICKÝCH OCELÍ

3.1 Vznik korozivzdorných ocelí

Harry Brearley, který se narodil v Sheffieldu, Anglie, v roce 1871, je pravděpodobný vynálezce nerezové oceli. Jeho otec byl tavič oceli a přes soukromé studium na večerní škole se stal odborníkem v analýze oceli a jeho výroby. V roce 1908 Brearley dostal příležitost vytvořit Brown Firth laboratoře, které byly financovány z dvou předních ocelářských společností Sheffieldu.



V roce 1912 byl Mr. Brearley požádán, aby pomohl vyřešit problémy, se kterými se setkávají malí výrobci zbraní, jednalo se o znehodnocení vnitřních průměrů pušky v příliš krátké době, na čemž se podílela teplota a vypouštěné plyny. Brearley tedy hledal oceli s vyšší odolností proti erozi, ale ne proti korozi. Po řadě průzkumů se rozhodl experimentovat s ocelí s obsahem chromu. Bylo známo, že mají vyšší bod tání než běžné oceli.

Nejprve pomocí elektrické pece, vyrobil množství různých tavenin 6 až 15% chromu s různým obsahem uhlíku. První opravdová nerezová ocel byla roztavena 13. srpna 1913. Ta obsahovala 0,24% uhlíku a 12,8% chromu. V tomto okamžiku se Brearley stále snaží najít další odolné oceli, s cílem přezkoumat strukturu zrna oceli, které potřeboval k nanesení kyseliny. Vzorky pozoruje pod mikroskopem. Leptání, které používal, bylo založeno na kyselině dusičné. Tady zjistil, že se tato nová ocel silně brání chemickému útoku.

Do jednoho roku od objevu Brearleyho, Krupp v Německu experimentoval s přidáním niklu do taveniny. Brearleyho ocel mohla být dodávána jen v zušlechťeném stavu. Ocel Krupp byla více odolná proti kyselinám, byla měkčí a tvárnější, a proto snadněji zpracovatelná. Není pochyb o tom, že nebýt náhody objevu Brearleyho, by metallurgista Krupp brzy učinil objev sám. Z těchto dvou vynálezů, těsně před první světovou válkou, byla vyvinuta „400“ řada martenzitických a „300“ řada austenitických korozivzdorných ocelí. První světová válka do značné míry zastavila další vývoj nerezavějící oceli, ale již brzy, a to v roce 1920 byly zkoušeny celé řady kombinací chromu a niklu, včetně 20 / 6, 17 / 7 a 15/11. Brearleyho nástupce u Brown Firth laboratoře byl Dr. WH Hatfield, kterému je přičítán vynález z roku 1924 na 18 / 8 nerezové oceli (18% chromu, 8% niklu). Dnes 18 / 8 je ocel známá jako 304 (podle amerického značení AISI) a dominuje nerezové oceli dodnes. Dr. Hatfield také vynalezl 18 / 8 nerez s titanem, nyní známou jako 321.[7]



3.2 Skupiny austenitických ocelí

Korozivzdorné oceli obsahují tyto pro ně nejdůležitější prvky, jež je možné rozdělit do dvou skupin:

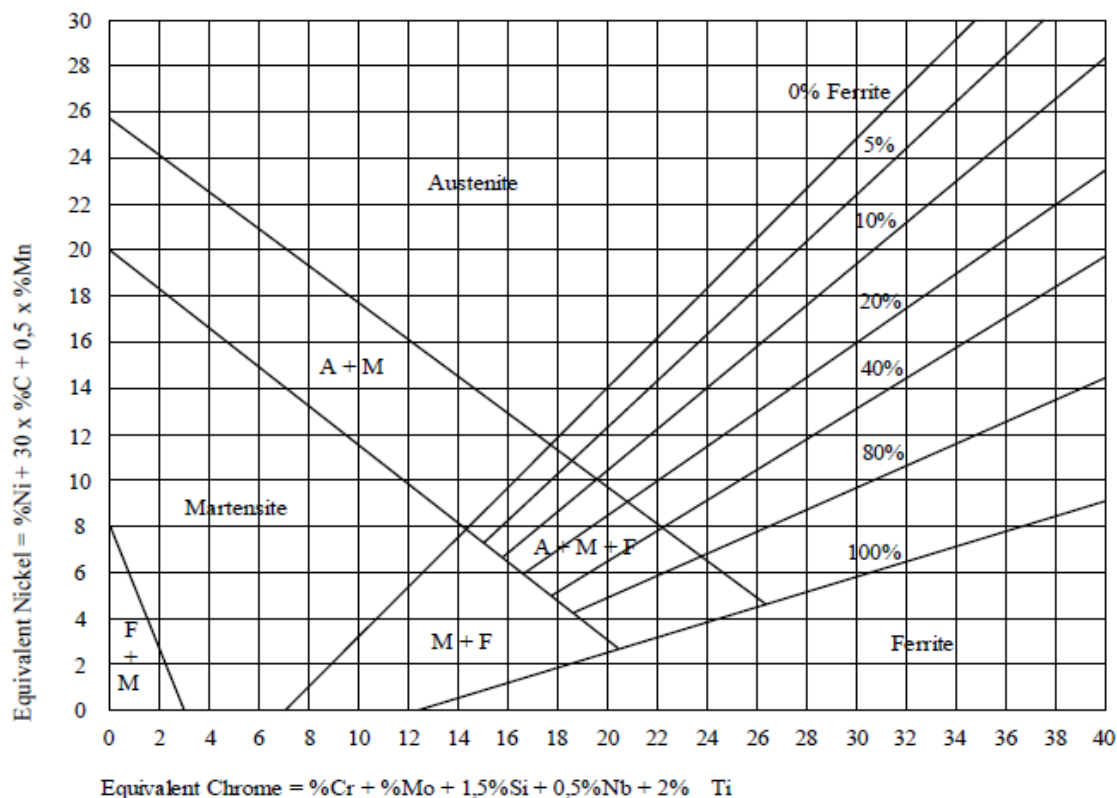
1. Austenitotvorné, které rozšiřují v rovnovážném diagramu oblast γ :C,Ni,Cu,Mn,N
2. Feritotvorné, které zužují v rovnovážném diagramu oblast γ :Cr,Mo,Si,Al,W,Ti,Nb,V

Podle obsahu hlavních legur a dosažené mikrostruktury je můžeme dále rozdělit na:

1. Feritické chromové oceli.
2. Martenzitické chromové oceli.
3. Austenitické Cr-Ni, nebo Cr-Ni-Mo oceli.
4. Austeniticko-feritické (duplexní) Cr – Ni, nebo Cr-Ni-Mo oceli.

Vzhledem k experimentálnímu zaměření práce a návrhu tělesa turbíny, budou dále popsány pouze austenitické korozivzdorné oceli.

Struktura Cr - Ni ocelí je výsledkem vlivu kombinace feritotvorných a austenitotvorných prvků na strukturu oceli. Vliv všech feritotvorných prvků, které ocel obsahuje, je vyjádřen tzv. ekvivalentem chromu Cr_E . Vliv austenitotvorných prvků tzv. ekvivalentu niklu Ni_E . Na základě Cr_E a Ni_E byly zkonstruovány konstituční diagramy, kterých se používá k odhadům výsledné struktury Cr – Ni austenitických ocelí. Je to Schaefflerův diagram (obr.9) a De Longův diagram.



Obr.9 Schaefflerův diagram [13]

3.3 Austenitické korozivzdorné oceli

Na rozdíl od feritických ocelí, mají austenitické oceli o 50% větší tepelnou roztažnost a tepelnou vodivost o 30% nižší, což se při svařování projevuje vznikem větších napětí a deformací. Naproti tomu austenitická struktura poskytuje lepší tažnost a houževnatost, na rozdíl od uhlíkových a nízkolegovaných ocelí. Austenitické korozivzdorné oceli mají obvykle 16,5-26 hm. % chromu (Cr) a 8-22 hm. % niklu (Ni). Například typ 304, obsahuje přibližně 18% Cr a 10% Ni. Nebo mohou obsahovat Mn, C a N - prvky nezbytné pro vytvoření austenitické mikrostruktury. Dále mohou být dolegovávány Mo, Ti, Nb, Si, Cu pro další zlepšení odolnosti vůči korozi a oxidaci.

Svařitelnost těchto ocelí ovlivňují zejména tyto hlavní faktory:

Náchylnost k tvorbě teplotních trhlin,
precipitace karbidů chromu, jejímž důsledkem je MKK
zkřehnutí vznikem σ -fáze.



3.3.1 Teplé trhliny

Austenitické oceli jsou snadno svařitelné. Nejčastěji se svařují po rozpouštěcím žihání. I tak může dojít k prasklinám, jak ve svarovém kovu, tak v TOO. Vytvoření teplých trhlin při tuhnutí svarového kovu je pravděpodobnější u oceli plně austenitické struktury, než u ocelí, které obsahují malé množství feritu ve struktuře. Ferit má schopnost rozpouštět škodlivé nečistoty, které jinak tvoří při teplotě tání, nízké segregace a mezidendritické trhliny. Přítomnost 5-10% feritu ve struktuře je velmi prospěšná, tudíž volba složení plnicího materiálu má zásadní vliv na potlačení rizika vzniku trhlin. Vyšší obsah feritu může vést ke snížení antikorozi odolnosti oceli. Údaje o ferit-austenitickém vyvážení pro různé složení poskytuje Schaefflerův diagram. Například při svařování nerezové oceli typu ASTM 304 používáme výplňový materiál typu ASTM 308, jenž má nepatrně odlišný obsah slitiny[8].

Dalšími možnostmi, jak snížit náchylnost na vznik teplých trhlin udává

ČSN EN 1011-3:2002/A1

- snížit tuhost spojení,
- snížit interpass teplotu na max. 150 °C,
- použít nízkého teplotního příkonu a tím zabránit vzniku širokých svarových lázní,
- snížit rychlost svařování,
- poměr výšky a šířky svarové lázně má být zhruba 1 až 1,5,
- používat přídatné materiály se zvýšeným obsahem Mn. a nízkým obsahem nečistot.[9]

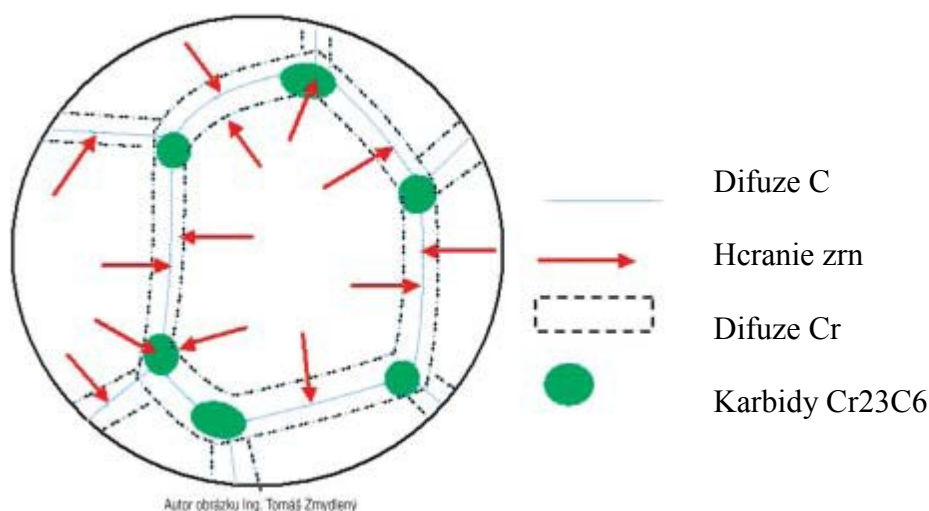
3.3.2 Mezikrystalová koroze

U korozi-vzdorných ocelí může v pásmu zcitlivění, které se nachází mezi teplotami 425 až 815°C nastat mezikrystalová koroze. Vliv uhlíku se projevuje od 0,03 hm % jeho obsahu. Teorie vzniku mezikrystalové koroze jsou tyto:

Teorie ochuzení – vylučováním karbidů chromu na hranicích zrn čímž dojde k ochuzení sousedních oblastí o chrom. Grafické znázornění je na obr. 10.

Teorie pnutí – v místech vylučování sekundární fáze dochází k energetickým rozdílům.

Teorie článků – následkem vzniku místních článků dochází k rozpouštění rozhraní zrn.[9]



Obr.10 Princip vzniku mezikrystalové koroze.[14]

3.3.3 Zkřehnutí

Vznik σ -fáze je tvrdá, křehká intermetalická sloučenina, která je příčinou zkřehnutí chromových ocelí tedy i austenitických ocelí. Může vzniknout ve svarových spojích v teplotní oblasti 500 až 820°C. σ -fáze se projeví zejména při obsazích chromu vyšších než 10 hm.%.

3.4 Svařitelnost austenitických ocelí

Austenitické oceli je možné svařovat za použití téměř všech technologií svařování, jež zajistí ochranu svarového kovu. Svařujeme je bez použití předehřevu, jelikož nejsou náchylné ke vzniku studených trhlin. Předehřev by navíc mohl nepříznivě zapůsobit na korozivzdornost svarového spoje. Jako ochranné atmosféry je nejlepší použít čistý argon, nebo jeho směsi s jinými plyny např. Ar-H₂. Směsné plyny s obsahem CO₂ vyšším než 2,5% se nedoporučuje.

Svarové spoje austenitických korozivzdorných ocelí se obvykle tepelně nezpracovávají. Lze použít, zejména u složitých svařenců, žíhání pro snížení vnitřního napětí za teplot 400 až 500°C nebo 850 až 950°C [9].



4 NÁVRH KONSTRUKCE SVAŘENCE ČÁSTI TURBÍNY

4.1 Volba materiálu

Pro konstrukci části turbíny svařované metodou 111 jsem navrhl austenitickou korozivzdornou ocel označenou dle ČSN EN 10027-1 takto:

X5CrNi1810

Tato ocel náleží do skupiny 8.1 dle TNI FEN ISO/TR 15 608. V tabulce 2 uvádím několik dalších značení zvoleného materiálu.

Tabulka 2: Označení vybrané oceli

DIN	W.Nr	1.4301
ASTM	AISI	304
ČSN	420002	17 240

Srovnání mechanických vlastností podle EN 10088-1 a 10088-2 uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3: Mechanické vlastnosti

Tvrdość	Pevnosť vtahu	Mez kluzu		Tažnosť	Vrubová houževnatost	
HB	Rm	Rp0,2	Rp0,1	A 50	(ISO-V) KV J/min	
max. inf	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	L	Q
215	540-750	230	260	45	100	60



Chemické složení zvolené oceli uvádím v tabulce 4.

Tabulka 4: Chemické složení (hm%)

	C	Cr	Mn	Ni	P	S	Si
min	-----	17.000	-----	9.000	-----	-----	-----
max	0.070	20.000	2.000	11.500	0.045	0.030	1.000

Použití:

Ocel Cr-Ni austenitická, nestabilizovaná, korozi-vzdorná. Vhodná pro plechy, tyče a bezešvé trubky. Pro stavbu chemických zařízení, včetně tlakových nádob podle ČSN 69 0010. Vhodná pro prostředí oxidační povahy, pro silné anorganické kyseliny (např. sírová) jen při velmi nízkých koncentracích a v oblasti kolem normálních teplot. Je vhodná pro slabé organické kyseliny do středních koncentrací a středních teplot při současném provzdušnění. Lze ji použít též pro prostředí, kde je koroze zanedbatelná, ale vyžaduje se vysoká čistota produktu (farmaceutický, potravinářský průmysl) a na součástky zimotvorných zařízení mimo použití v prostředí solanky. [11]

4.2. Volba přídatného materiálu a svařovacího zdroje

Pro svařování jsem zvolil elektrodu, dle EN 1600: E 19 9 LB 20+.

Výrobce: Böhler Welding.

Basická obalená elektroda s vysokou vrubovou houževnatostí až do -196°C, 100% kvalita sváru, dobré operativní vlastnosti i při svařování v polohách, dobrá odstranitelnost strusky i v kořeni a úzké mezeře, jemná kresba svárové housenky, bez zápalů a vnitřních vad, vynikající pro montážní sváry. Chemické složení a mechanické hodnoty jsou uvedeny v tab. 5 a 6. Elektrody se vyrábějí v \varnothing 2,5; 3,2; 4 mm



Tabulka 5: Chemické složení v %

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,03	0,4	1,3	19,5	10,5

Tabulka 6: Mechanické hodnoty

Re	Rm	A5	Av
430N/mm ²	580N/mm ²	42%	100J ≥ 34J -196°C

Svařovací zdroj

Origo™ ARC 410c, A11

obr.11

Usměrňovač, spínaný konvertorový svařovací zdroj (chopper), určený pro ruční svařování 111 se všemi druhy obalených elektrod. Široký rozsah nastavení proudu usnadňuje optimalizaci nastavení pro široké spektrum přídavných svařovacích materiálů. Tyto svařovací zdroje jsou vybaveny takovými funkcemi jako je hot start, arc force a anti stick. Zároveň je možné měnit parametry i v průběhu svařování.

Výrobce: ESAB VAMBERK, s.r.o.

Napájecí napětí	400 V, 3~50 Hz
Přípustné zatížení při	
35% DZ	400 A / 36V
60% DZ	310 A / 33V
100% DZ	240 A / 30V
Rozsah nastavení (DC)	20A/20V - 400 A/36V
Napětí naprázdno	56V
Výkon naprázdno	390W
Účinit při maximálním proudu	0,9
Účinnost při maximálním proudu	0,74
Rozměry dxšxv	1310 x 800 x 780 mm
Hmotnost	157 kg
Třída krytí	IP 23



Obr. 11 Origo™ ARC 410c, A11 [12]

4.3. Návrh konstrukce části turbíny

Na obrázku 12 - foto Kaplanovy turbíny, včetně odlitku tělesa rozváděcích lopatek. Tuto součást navrhuji jako svařenec, výkres svařence 01/1050 je uveden v příloze č.1.



Obr. 12 Kaplanova turbína – horizontální provedení [15]

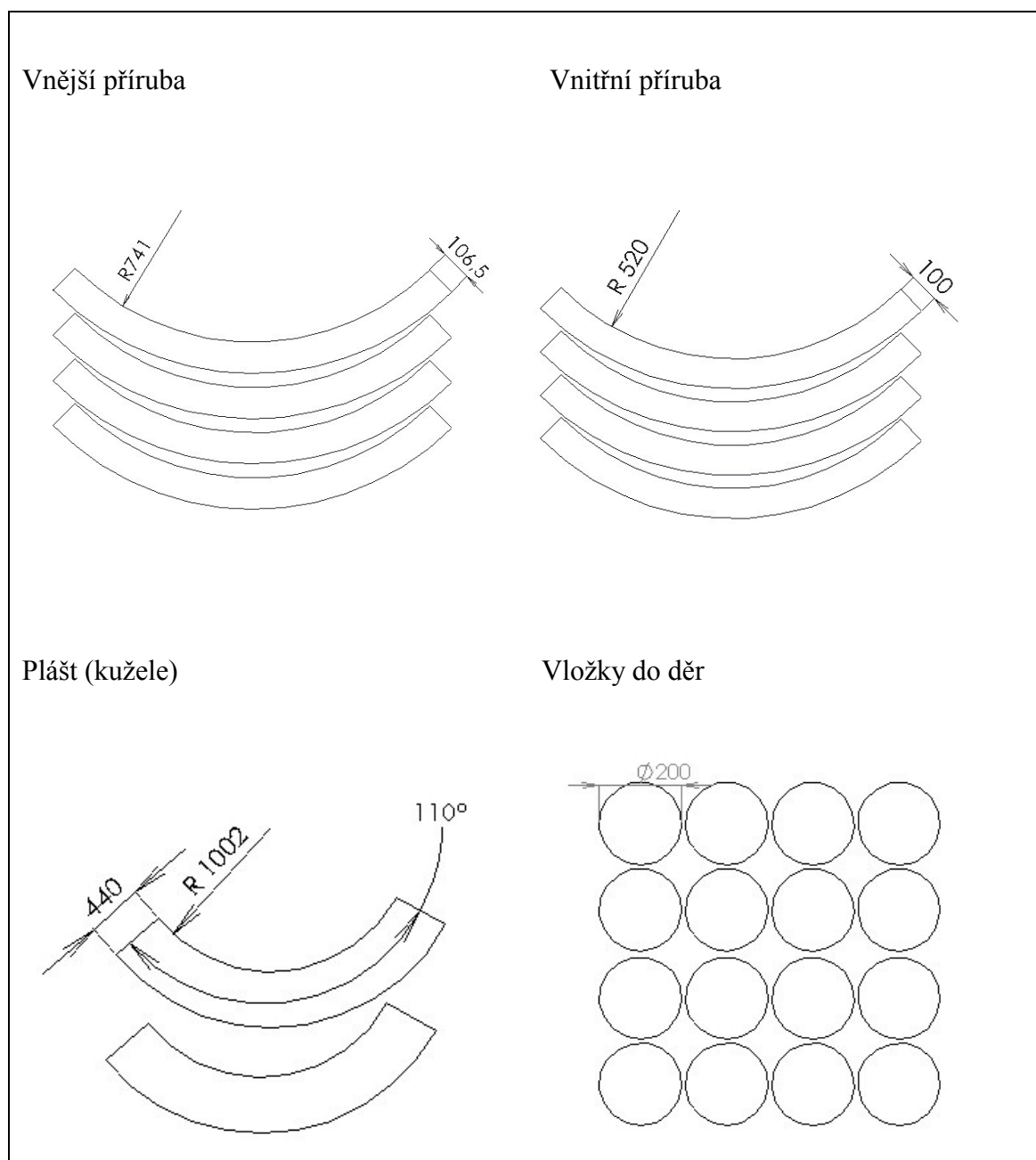
Svařenec tělesa rozváděcích lopatek se skládá z těchto dílů.

Příruby – horní, dolní; Kužele (plášť); Vložek pro umístění lopatek.

Tyto díly budeme vyrábět z plechu tloušťky 40 a 10 mm nejprve řezáním polotovarů pomocí plazmového CNC řezacího zařízení.



Pro výrobu jednoho svařence jsem navrhl řezací plán obr.13.



Obr. 13 Navržené šablony (řezací plán)



5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ TĚLESA ROZVÁDĚCÍCH LOPATEK.

5.1 Technologický postup

Příruby ø 1050 a 1502

- očištění ploch po řezání
- úprava svarových ploch dle pWPS č. P01/1050

Svařování

- svařovací parametry dle pWPS č. P01/1050
- sestehování
- svaření celého svaru (kladení svarových housenek dle pWPS)
- kontrola svarů vizuální dle ČSN EN ISO 5817 stupěň přípustnosti B provádět průběžně

Kužel (plášť)

- očištění ploch po řezání
- úprava svarových ploch dle pWPS č. K01/1050; okusovací stroj, broušení
- předechnutí pro podélné svary
- skružení pásů
- sepnutí okrajů – nájezdové destičky

Svařování

- svařovací parametry dle pWPS č. K01/1050
- svaření celého svaru (kladení svarových housenek dle pWPS)
- kontrola svarů vizuální dle ČSN EN ISO 5817 stupěň přípustnosti B provádět průběžně
- provést kalibraci kužele (zakružovací stroj)

Kužel + příruba ø1050 mm

- úprava svarových ploch dle pWPS č. T01/1050; svislý soustruh (karusel)



Svařování

- sestehování
- upnutí do rotačního polohovadla
- svařovací parametry dle pWPS č. T01/1050
- svaření celého obvodového svaru (kladení svarových housenek dle pWPS)
- kontrola svarů vizuální dle ČSN EN ISO 5817 stupěň přípustnosti B provádět průběžně

Kužel + příruba ø1502 mm

- úprava svarových ploch dle pWPS č. T02/1050; svislý soustruh (karusel)

Svařování

- sestehování
- upnutí do rotačního polohovadla
- svařovací parametry dle pWPS č. T02/1050
- svaření celého obvodového svaru (kladení svarových housenek dle pWPS)
- kontrola svarů vizuální dle ČSN EN ISO 5817 stupěň přípustnosti B provádět průběžně

Kužel + vložky

- v plášti kužele vrtat otvory ø 206 mm pro vložky
- úprava svarových ploch dle pWPS č. T03/1050 a T04/1050

Svařování

- upnutí do rotačního polohovadla
- sestehování
- svařovací parametry dle pWPS č. T03/1050 a T04/1050
- svaření celého obvodového svaru (kladení svarových housenek dle pWPS)
- kontrola svarů vizuální ČSN EN ISO 5817 stupěň přípustnosti B provádět průběžně

Těleso rozváděcích lopatek – svařenec

- provést defektoskopii svarů
 - kapilární metodou 571-1 vyhovující ČSN EN ISO 23 277, stupeň přípustnosti 2x



- ultrazvukem ČSN EN 1714, a vyhodnocení ČSN EN 171,2
stupeň přípustnosti 1

- provést opravné svařování (pokud byly při defektoskopických zkouškách objeveny vady ve svarech)

Technologický postup opravného svařování:

- 1) zjistit defektoskopickou zkouškou rozsah vady ve svarovém spoji.
- 2) vybroušení vady.
- 3) očištění vybroušení vady.
- 4) provedení svaření metodou 111.
- 5) prevence defektoskopickou zkouškou po opravném svařování.

- soustružit vnitřní rádius kužele
- soustružit příruby
- vyvrtat otvory do přírub pro šrouby
- vyvrtat otvory pro umístění rozváděcích lopatek,

Před vlastní výrobou je nutné provést ověření jednotlivých typů svarových spojů WPQR. Na základě těchto ověření budou zpracovány příslušné WPS.



6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce je navrhnout svařenec původně odlitku, části turbíny vodní elektrárny. Vypracovat kompletní technologický postup.

Prvním krokem bylo seznámení se z problematikou provozu do kterého je vyráběný kus určen. A to MVE Mikulovice.

Pro svaření byla zvolena metoda svařování elektrickým obloukem - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou 111. Tuto metodu jsem popsal .

Materiálem svařence byla zvolena Austenitická ocel X5CrNi1810. Popsal jsem různé aspekty svařitelnosti Austenitických ocelí.

Dále jsem vypracoval návrhy výpalků, uvedl velikosti a druhy svarů. Volby svařovacího agregátu a přídavného materiálu (elektrody). Vypracovány p(WPS).

Navrhované řešení náhrady odlitku součásti svařencem se ukázalo po stránce ekonomické výhodné a to zejména tehdy zohledníme-li požadovanou korozivzdornost, kterou bychom u odlitku nedosáhli. V případě výroby součásti z levnějších konstrukčních ocelí, je stále výhodnější při výrobě pouze jednoho kusu volit svařenec.



7. POUŽITÁ LITERATURA

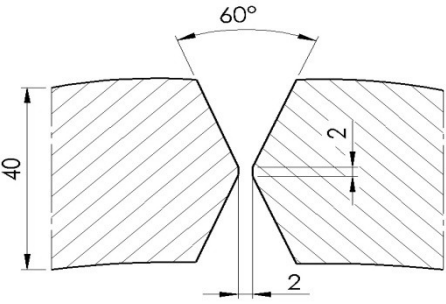
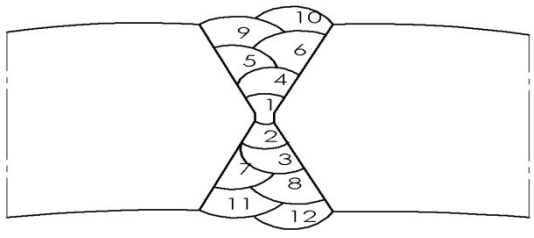
- [1] KOUKAL, Jaroslav; ZMYDLENÝ, Tomáš. *Svařování I*. Ostrava 2005. ISBN 80-248-0870-6
- [2] Český svářečský ústav s.r.o. *Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování ČSN EN ISO 4063*. TNK 70 Svařování. ICS 01.040.25; 25.160.01 Březen 2010
- [3] Holata, M.: *Malé vodní elektrárny*. Academia, 2002.
- [4] Kührtreiber, s.r.o., Dostupný z: www.kuhtreiber.cz
- [5] MINAŘÍK, Václav. *Obloukové svařování* Praha 2003 ISBN 80-7183-285-5
- [6] LEINVEBER, J. VÁVRA, P. *Nové strojnické tabulky*. 4 vyd. [ALBRA](http://www.albra.cz), 2008 . 914 s. ISBN 80-7361-0517.
- [7] BUTTERFIELD, John. KCI; Stainless-steel-world 2011 Editor-in-Chief Editor-in-Chief Dostupný z: <http://www.stainless-steel-world.net/basicfacts/>
- [8] KCI; Stainless-steel-world 2011; Dostupný z: <http://www.stainless-steel-world.net/basicfacts/ShowPage.aspx?pageID=473>
- [9] KOUKAL, Jaroslav; SCHWARZ, Drahomír; HAJDÍK, Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost* .Český svářečský ústav s.r.o. VŠB-TU Ostrava, 2009 1.vyd.241s. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [10] KCI; Stainless-steel-world 2011; Dostupný z: <http://www.stainless-steel-world.net/>
- [11] 4 WELD; Pro welding ISSN 1336-8729; Dostupný z: <http://4weld.sk/>



- [12] ESAB zdroje 2010; Dostupný_z:
http://www.esab.cz/cz/cz/news/upload/ESAB_zdrojeCZ_2010.pdf
- [13] Dacapo Stainless A/S; Dostupný_z:
http://www.dacapo.com/filer/schaeffler_diagram.pdf
- [14] autor. ing. Tomáš Zmydlený; Dostupný na:
http://www.esab.cz/cz/cz/news/upload/spektrum3_2008-CZ.pdf
- [15] CINK Hydro - Energy k. s. Lesov; Dostupný na: <http://cink-hydro-energy.com/cz/turbiny-fotografie>



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1

Doklad číslo:	K 01/1050	Zkušební orgán:							
WPQR číslo:	----	Zkušební organizace:							
Místo:		Specifikace základních materiálů							
Výrobce Název:			Základní materiál 1	Základní materiál 2					
		Specifikace	Výpalek, plášť kužele	Výpalek, plášť kužele					
		Norma							
Adresa:		ČSN	ČSN 417240	ČSN 417240					
		ČSN EN	1.4301	1.4301					
Metoda svařování:	111								
Druh svaru:	Plochý opracovaný oboustranný V-svar	DIN	DIN 17440	DIN 17440					
		Druh přípravy a čištění: -----							
Poloha při svařování dle ISO 6947	PA – vodorovná shora	Tloušťka mat. (mm):	40	40					
			--	--					
Tvar spoje		Postup svařování							
									
Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Tepelný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	2,5	50	80	22	23	DC+	11-13	1,150KJ.mm ⁻¹
2	111	3,2	80	110	23	24	DC+	13-15	1,381 KJ.mm ⁻¹
3-12	111	4,0	110	140	25	26	DC+	14-15	1,475 KJ.mm ⁻¹
Přídavný materiál					Tepelné zpracování před svařováním				
Klasifikace a výrobní značka:			Fox EAS 2		Teplota předehřevu ve °C:			---	
Dle výrobce:			Böhler Welding		Interpass teplota ve °C:			100°C	
Dle normy: ČSN EN 1600			19 9 LB 20+		Tepelné zpracování po svařování				
			3h/250°C		Metoda:			-----	
Předpis pru sušení: čas/teplota °C					Čas / teplota:			-----	----
Podmínky svařování					Rychlost ohřevu a chladnutí:			-----	----
Ochranný plyn:			---		Další informace				
Průtočné množství plynu:			---		rozkyv (max šíře housenky):			11 mm	
Poznámky: Používat destičky na začátku a konci svarů! Nutné dodržet otáčení svařence pro kladení svarů podle pořadí! Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit – vybrousit včetně kořenové housenky!								1.5.2011	
								Pavel Doležel	
								Datum, jméno a podpis	



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1

Doklad číslo:	P 01/1050	Zkušební orgán:	
WPQR číslo:	-----	Zkušební organizace:	
Místo:		Specifikace základních materiálů	
Výrobce Název:			Základní materiál 1
		Specifikace	Výpalek, mezikruží
		Norma	
Adresa:		ČSN	ČSN 417240
		ČSN EN	1.4301
Metoda svařování:	111		
Druh svaru:	Ploché opracovaný oboustranný V-svar	DIN	DIN 17440
		Druh přípravy a čištění: -----	
Poloha při svařování dle ISO 6947	PA – vodorovná shora	Tloušťka mat. (mm):	40

Tvar spoje	Postup svařování

Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Tepelný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	2,5	50	80	22	23	DC+	11-13	1,150 KJ.mm ⁻¹
2	111	3,2	80	110	24	25	DC+	13-15	1,383 KJ.mm ⁻¹
3-12	111	4,0	110	140	25	26	DC+	14-15	1,478 KJ.mm ⁻¹

Přídavný materiál		Tepelné zpracování před svařováním	
Klasifikace a výrobní značka:	Fox EAS 2	Teplota předehřevu ve °C:	-----
Dle výrobce:	Böhler Welding	Interpass teplota ve °C:	100°C
Dle normy: ČSN EN 1600	19 9 LB 20+	Tepelné zpracování po svařování	
Předpis pru sušení: čas/teplota °C	3h/250°C	Metoda:	-----
		Čas / teplota:	-----
Podmínky svařování		Rychlost ohřevu a chladnutí:	-----
Ochranný plyn:	-----	Další informace	
Průtočné množství plynu:	-----	rozkyv (max šíře housenky):	11 mm

Poznámky: Používat přílohy na začátku a konci svarů! Svar musí být souvislý! Nutné dodržet otáčení svařence pro kladení svarů podle pořadí! Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit – vybrousit včetně kořenové housenky!	1.5.2011
	Pavel Doležel
	Datum, jméno a podpis



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1									
Doklad číslo:	T 01/1050				Zkušební orgán:				
WPQR číslo:	-----				Zkušební organizace:				
Místo:					Specifikace základních materiálů				
Výrobce Název:						Základní materiál 1	Základní materiál 2		
					Specifikace	Příruba ø 1050		Kružel	
					Norma				
Adresa:					ČSN	ČSN 417240		ČSN 417240	
					ČSN EN	1.4301		1.4301	
Metoda svařování:	111								
Druh svaru:	½ U-svar oboustranný - obvodový				DIN	DIN 17440		DIN 17440	
					Druh přípravy a čištění: -----				
Poloha při svařování dle ISO 6947					PA – vodorovná shora				
					Tloušťka mat. (mm):	40		40	
					Vnější průměr (mm):	---		---	
Tvar spoje					Postup svařování				
Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Tepelný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	2,5	50	80	22	23	DC+	11-13	1,150 kJ.mm ⁻¹
2	111	3,2	80	110	23	24	DC+	13-15	1,378 kJ.mm ⁻¹
3-12	111	4,0	110	140	25	26	DC+	14-15	1,482 kJ.mm ⁻¹
Přídavný materiál					Tepelné zpracování před svařováním				
Klasifikace a výrobní značka:			Fox EAS 2			Teplota předehřevu ve °C:		---	
Dle výrobce:			Böhler Welding			Interpass teplota ve °C:		100°C	
Dle normy: ČSN EN 1600			19 9 LB 20+			Tepelné zpracování po svařování			
			3h/ 250°C			Metoda:		-----	
Předpis pro sušení: čas/teplota °C						Čas / teplota:		-----	
Podmínky svařování						Rychlost ohřevu a chladnutí:		-----	
Ochranný plyn:			---			Další informace			
Průtočné množství plynu:			---			rozkyv (max šíře housenky):		11 mm	
Poznámky: Používat přílohy na začátku a konci svarů! Svar musí být souvislý! Nutné dodržet otáčení svařence pro kladení svarů podle pořadí! Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit – vybrousit včetně kořenové housenky!								1.5.2011	
								Pavel Doležel	
								Datum, jméno a podpis	



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1									
Doklad číslo:	T 02/1050			Zkušební orgán:					
WPQR číslo:	-----			Zkušební organizace:					
Místo:				Specifikace základních materiálů					
Výrobce Název:					Základní materiál 1	Základní materiál 2			
				Specifikace	Příruba ø 1502	Kůžel			
				Norma					
Adresa:				ČSN	ČSN 417240	ČSN 417240			
				ČSN EN	1.4301	1.4301			
Metoda svařování:	111								
Druh svaru:	½ U-svar oboustranný - obvodový			DIN	DIN 17440	DIN 17440			
				Druh přípravy a čištění: -----					
Poloha při svařování:	PA – vodorovná shora			Tloušťka mat. (mm):	40	40			
					---	---			
Tvar spoje					Postup svařování				
Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Teplný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	2,5	50	80	22	23	DC+	11-13	1,150 KJ.mm ⁻¹
2	111	3,2	80	110	23	24	DC+	13-15	1,387 KJ.mm ⁻¹
3-12	111	4,0	110	140	25	26	DC+	14-15	1,475 KJ.mm ⁻¹
Přídavný materiál					Teplné zpracování před svařováním				
Klasifikace a výrobní značka:			Fox EAS 2		Teplota předehřevu ve °C:				
Dle výrobce:			Böhler Welding		Interpass teplota ve °C:			100°C	
Dle normy: ČSN EN 1600			19 9 LB 20+		Teplné zpracování po svařování				
Předpis pru sušení: čas/teplota °C			3h/250°C		Metoda:			-----	
					Čas / teplota:			-----	
Podmínky svařování					Rychlost ohřevu a chladnutí:			-----	
			---		Další informace				
			---		rozkyv (max šíře housenky):			11 mm	
Poznámky: Svar musí být souvislý! Nutné dodržet otáčení svařence pro kladení svarů podle pořadí! Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit – vybrousit včetně kořenové housenky!								1.5.2011	
								Pavel Doležal	
								Datum, jméno a podpis	



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1

Doklad číslo:	T 03/1050	Zkušební orgán:							
WPQR:	-----	Zkušební organizace:							
Místo:		Specifikace základních materiálů							
Výrobce Název:			Základní materiál 1	Základní materiál 2					
		Specifikace	Vložka ø 200	Kužel					
		Norma							
Adresa:		ČSN	ČSN 417240	ČSN 417240					
		ČSN EN	1.4301	1.4301					
Metoda svařování:	111								
Druh svaru:	½ U-svar - obvodový	DIN	DIN 17440	DIN 17440					
		Druh přípravy a čištění: -----							
Poloha při svařování: ISO 6947	PA – vodorovná kolmá	Tloušťka mat. (mm):	40	40					
		Vnější průměr (mm):	---	---					
Tvar spoje		Postup svařování							
Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Tepelný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	2,5	50	80	22	23	DC+	11-13	1,150KJ.mm ⁻¹
2	111	3,2	80	110	23	24	DC+	13-15	1,381 KJ.mm ⁻¹
3-8	111	4,0	110	140	25	26	DC+	14-15	1,475 KJ.mm ⁻¹
Přídavný materiál					Tepelné zpracování před svařováním				
Klasifikace a výrobní značka:			Fox EAS 2			Teplota předehřevu ve °C:			---
Dle výrobce:			Böhler Welding			Interpass teplota ve °C:			100°C
Dle normy: ČSN EN 1600			19 9 LB 20+			Tepelné zpracování po svařování			
Předpis pru sušení: čas/teplota °C			3h/250°C			Metoda:		-----	
						Čas / teplota:		-----	-----
Podmínky svařování						Rychlost ohřevu a chladnutí:		-----	-----
Ochranný plyn:			----			Další informace			
Průtočné množství plynu:			----			rozkyv (max šíře housenky):			11 mm
Poznámky: Svar musí být souvislý! Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit – vybrousit včetně kořenové housenky!								1.5.2011	
								Pavel Doležel	
								Datum, jméno a podpis	



Předběžné stanovení postupu svařování p(WPS) dle ČSN EN ISO 15609-1									
Doklad číslo:	T 04/1050			Zkušební orgán:					
WPQR číslo:	----			Zkušební organizace:					
Místo:				Specifikace základních materiálů					
Výrobce Název:					Základní materiál 1	Základní materiál 2			
				Specifikace	Vložka ø 200	Kůžel			
Adresa:				Norma					
				ČSN	ČSN 417240	ČSN 417240			
Metoda svařování:				ČSN EN	1.4301	1.4301			
Druh svaru:				Koutový svar - obvodový	DIN	DIN 17440	DIN 17440		
				Druh přípravy a čištění: -----					
Poloha při svařování dle ISO 6947				PD – vodorovná shora	Tloušťka mat. (mm):	40	40		
						---	---		
Tvar spoje					Postup svařování				
Podrobnosti svařování									
Vrstva	Metoda	Průměr přídavných mat. (mm)	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost svařování (cm/min)	Tepelný příkon (kJ/cm)
			OD	DO	OD	DO			
1	111	3,2	80	110	23	24	DC+	11-13	1,387 KJ.mm ⁻¹
Přídavný materiál					Tepelné zpracování před svařováním				
Klasifikace a výrobní značka:			Fox EAS 2			Teplota předehřevu ve °C:			
Dle výrobce:			Böhler Welding			Interpass teplota ve °C:			100°C
Dle normy: ČSN EN 1600			19 9 LB 20+			Tepelné zpracování po svařování			
Předpis pro sušení: čas/teplota °C			3h/250°C			Metoda:			-----
						Čas / teplota:			-----
Podmínky svařování						Rychlost ohřevu a chladnutí:			-----
			---			Další informace			
			---			rozkyv (max šíře housenky):			11 mm
Poznámky: Vzniklé defekty (trhliny, povrchové bubliny) nutno odstranit !									1.5.2011
									Pavel Doležel
									Datum, jméno a podpis

